

Der aktive mittelozeanische Rücken als Sedimentationsraum –  
Zusammensetzung und Dynamik der Sedimente  
am Kolbeinsey-Rücken (N'Island)

An active mid-ocean ridge as sedimentary environment –  
Sediment composition and dynamics at Kolbeinsey Ridge (N'Iceland)

Von KLAS SVEN LACKSCHEWITZ, REINHARD OEHMIG und  
HANS-JOACHIM WALLRABE-ADAMS, Kiel

Mit 6 Abbildungen und 1 Tabelle im Text

LACKSCHEWITZ, K. S., OEHMIG, R. & WALLRABE-ADAMS, H.-J. (1991):  
Der aktive mittelozeanische Rücken als Sedimentationsraum - Zusammen-  
setzung und Dynamik der Sedimente am Kolbeinsey-Rücken (N' Island).  
[An active mid-ocean ridge as sedimentary environment - Sediment com-  
position and dynamics at Kolbeinsey Ridge (N' Iceland).] - Zbl. Geol.  
Paläont. Teil I, 1990 (11): 1727-1738; Stuttgart.

**Abstract:** Sedimentation on mid-ocean ridge north of Iceland (Kolbeinsey Ridge) is controlled by several factors. Volcanism is important for the active ridge segment by supplying much of its sediments. Currents and other processes affect deposition in the morphologically extreme region of transform disturbances, resulting in a wide spectrum of possible sedimentary facies.

Analyses of coarse fractions and settling velocities proved to be valuable tools in attempts to define highly variable sedimentary environments of the ridge in terms of responsible transport and depositional processes.

**Zusammenfassung:** Die Sedimentation am mittelozeanischen Rücken nördlich von Island (Kolbeinsey-Rücken) wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Hervorzuheben ist der vulkanogene Eintrag im aktiven Rückensegment, der einen bedeutenden Anteil der Sedimentkomponenten liefert. Die Überprägung der Ablagerungen durch Strömungen und zusätzliche Sedimentationsprozesse in morphologisch extremen Bereichen (Transformstörungen) erweitern das Spektrum möglicher Sedimentfaziestypen.

Grobfraktions- und Sinkgeschwindigkeitsanalysen erwiesen sich als geeignete Methoden, um die engräumig wechselnden Sedimentationszonen im Rückenbereich den jeweils wirksamen Ablagerungs- und Transportprozessen zuzuordnen.

## Einführung

Aktive mittelozeanische Rücken sind ein eindrucksvolles Beispiel für die Verschiedenartigkeit geologischer Prozesse, die auf engem Raum an der Sedimentbildung beteiligt sind.

An diesen Nahtstellen der Erde

- wird entlang divergierender Plattengrenzen fortlaufend neue Kruste gebildet,
- entstehen an der Abkühlungsfront dieses ozeanischen Basalts vulkanische Glasbruchstücke (Hyaloklastite),
- entstehen in geringer Wassertiefe submarin explosiv vulkanische Partikel,
- wirken hydrothermale Prozesse auf die Sedimentbildung,
- sind planktische und benthische Organismen Sedimentbestandteil,

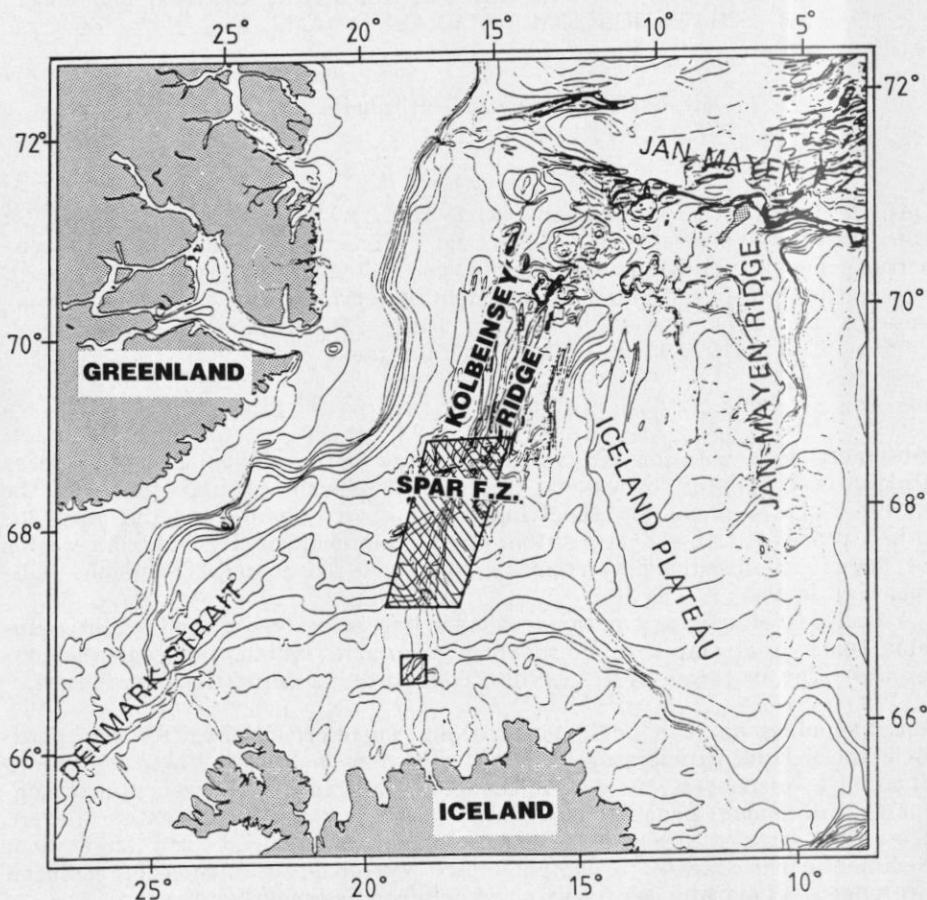


Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebietes.  
Fig. 1. Area of investigation.

- findet Sedimentumlagerung an den steilen Rückenflanken statt,
- wird Sediment aus strömungsexponierten Rückenlagen in angrenzende Bereiche transportiert.

Die bisher nahezu unbekannten Wechselwirkungen zwischen submarinen vulkanischen und ozeanographischen Prozessen machen das Gebiet des aktiven vulkanischen Kolbeinsey-Rückens nördlich von Island (Abb. 1) zu einem Forschungsgebiet von besonderem geowissenschaftlichem Interesse.

Als Besonderheit für den im Europäischen Nordmeer gelegenen aktiven Rücken kommt der hohe Eintrag von eistransportiertem Material hinzu.

Neben der Bedeutung vulkanischer Vorgänge für die Sedimentzusammensetzung besteht entsprechend der Vielfalt möglicher Lieferprozesse ein weites Spektrum von Sedimentbestandteilen.

Der Rückenabschnitt zwischen Island und der Spar-Fracture-Zone ist als relativ schmaler Grat ausgebildet, der vom Island-Schelf spornartig nach Norden reicht und in größere Tiefen abtaucht (700 m). Nördlich der Spar-Fracture-Zone bietet der Rücken morphologisch ein völlig anderes Bild: Parallel streichende Höhenzüge und Täler bilden eine breite, deutlich gegliederte Spreizungszone.

Ziel der Untersuchungen war, das Zusammenwirken

- der besonderen ozeanographischen Situation und
- der unterschiedlichen Bereitstellung der verschiedenen Sedimentbestandteile

auf die Zusammensetzung und Verbreitung der rezenten Sedimente im Bereich mittelatlantischer Rücken aufzuzeigen.

### Methodik

Insgesamt wurden 25 Großkastengreiferproben bei der Polarsternausfahrt ARK V/1b und der Poseidonausfahrt 158/1 genommen (vgl. Abb. 3). An den Oberflächenproben wurden in der Korngrößenfraktion 0,125–0,5 mm die Anteile der biogenen, terrigenen und vulkanogenen Komponenten bestimmt (Methode nach SARNTHEIN 1971). Die Auswertung hat gezeigt, daß diese Fraktion als repräsentativ für die gesamte Grobfraction (> 0,063 mm) angesehen werden kann. Die Kornzahlprozentwerte jeder Partikelgruppe wurden über den Gewichtsanteil der Einzelfraktion auf Gewichtsprozent des Gesamtmaterials hochgerechnet.

Um für die heterogen zusammengesetzten Rückensedimente eine Information über das Transportverhalten zu bekommen, wurden die Sedimente mit ihrer Sinkgeschwindigkeitsverteilung charakterisiert. In diesen Sedimentparameter gehen neben der Partikelgröße – einzige erfaßbare Eigenschaft bei der Siebanalyse – auch die Form, die effektive Dichte und die Oberflächenbeschaffenheit mit ein. Diese Partikeleigenschaften zusammen bestimmen wesentlich die Mobilisierbarkeit des Sediments (KOMAR & CLEMENS 1986). Die Verteilungen nach der Sinkgeschwindigkeit (PSI) der Fraktion 0,063–1,0 mm sind mit einer automatischen Sedimentationswaage MACROGRANOMETER der Firma Granometry, Neckargemünd, ermittelt worden ( $PSI = -\log_2(v/v_0)$ ;  $v$  = gemessene Geschwindigkeit in cm/s,  $v_0 = 1$  cm/s).

Der Gesamtkarbonatgehalt wurde über  $CO_2$ -Doppelbestimmungen mit dem LECO-Infrarotanalysator bestimmt. Das gemessene Kohlendioxid ist dem Gesamtkarbonatgehalt und, nach Behandlung mit 1-normaler Salzsäure,

dem Gehalt an organischem Kohlenstoff direkt proportional. Aus dem Differenzbetrag der beiden Messungen wird der Kalziumkarbonatanteil errechnet.

### Ergebnisse

Die Zusammensetzung und gewichtsprozentualen Anteile der Grobfraktion sind in Tab. 1 wiedergegeben.

Tab. 1. Zusammensetzung und Anteile der Grobfraktionskomponenten (Gew.-%) in den Oberflächenproben.  
Table 1. Composition and weight-balanced percentages of the coarse fraction components in the surface samples.

Proben-Nr	plankt. Foram.	benth. Foram.	kieselige Biogene	sonstige Biogene	Quarz	Gesteins- fragmente	vulkan. Glas	vulkan. Gestein	Aggregate
14	0.1	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	1.5	0.1	0.0
15	0.0	0.2	0.0	0.0	5.2	2.2	61.9	11.0	0.0
16	0.1	0.2	0.0	0.0	5.2	1.6	38.3	13.5	0.1
18	0.0	0.5	1.6	0.0	8.1	2.5	53.2	25.9	0.0
19	0.3	1.6	0.5	0.3	7.0	3.0	45.8	35.6	0.0
0001/1	3.1	4.0	0.5	0.0	2.1	0.2	3.6	0.0	1.5
0002/2	6.2	2.6	0.7	0.0	0.6	0.0	53.0	0.0	0.0
0003/1	13.2	2.5	0.0	0.0	36.8	4.5	0.8	0.0	0.2
0004/1	32.8	3.6	0.2	0.0	34.8	11.6	4.3	0.0	1.1
0005/1	10.8	3.6	0.2	0.0	32.7	1.8	4.7	0.0	0.7
0006/1	7.9	1.8	0.3	0.2	3.3	1.4	3.0	0.0	0.7
0007/1	35.8	7.4	1.0	0.0	12.6	12.3	4.7	0.0	0.5
0008/1	26.0	2.0	0.0	0.0	3.0	1.2	2.5	0.0	0.1
0009/1	23.3	2.9	0.1	0.0	6.2	4.0	2.4	0.0	1.1
0010/2	20.4	6.3	5.7	0.8	0.4	0.1	0.2	0.0	0.0
0011/1	18.8	8.1	0.1	0.0	3.8	0.8	4.3	4.0	0.4
0012/1	10.3	4.6	0.0	0.0	18.4	1.8	3.3	0.0	0.0
0013/1	43.4	3.8	0.1	0.0	2.3	1.4	2.7	0.0	0.3
0015/1	9.3	4.0	0.3	0.0	9.3	4.4	7.2	1.4	0.8
0016/2	16.8	12.8	1.0	1.0	8.0	3.7	38.8	0.0	0.6
0017/1	1.3	5.0	0.6	0.0	26.7	7.9	28.5	0.0	1.2
0018/1	8.1	6.4	1.2	0.2	8.5	8.7	45.5	0.0	1.9
0019/1	3.1	1.8	10.7	0.1	1.0	0.1	8.4	0.0	1.4
0020/1	0.8	1.6	4.4	0.0	9.9	2.3	26.7	0.0	1.2
0021/1	0.3	1.7	4.3	0.0	2.4	0.1	4.9	0.7	0.8
0023/1	0.0	2.2	0.0	0.0	4.7	4.5	83.7	0.0	0.2

## Südlicher Rückenabschnitt

Der Anteil vulkanischer Sedimentkomponenten nimmt entlang eines Transects quer zur Rückenachse südlich der Kolbeinsey-Insel (Abb. 2) vom Rückenkamm zum anschließenden Becken ab. Dominierender Bestandteil innerhalb dieser vulkanischen Partikel ist vulkanisches Glas massiver bis bimssteinartiger Ausbildung (OEHMIG & WALLRABE-ADAMS in Vorb.).

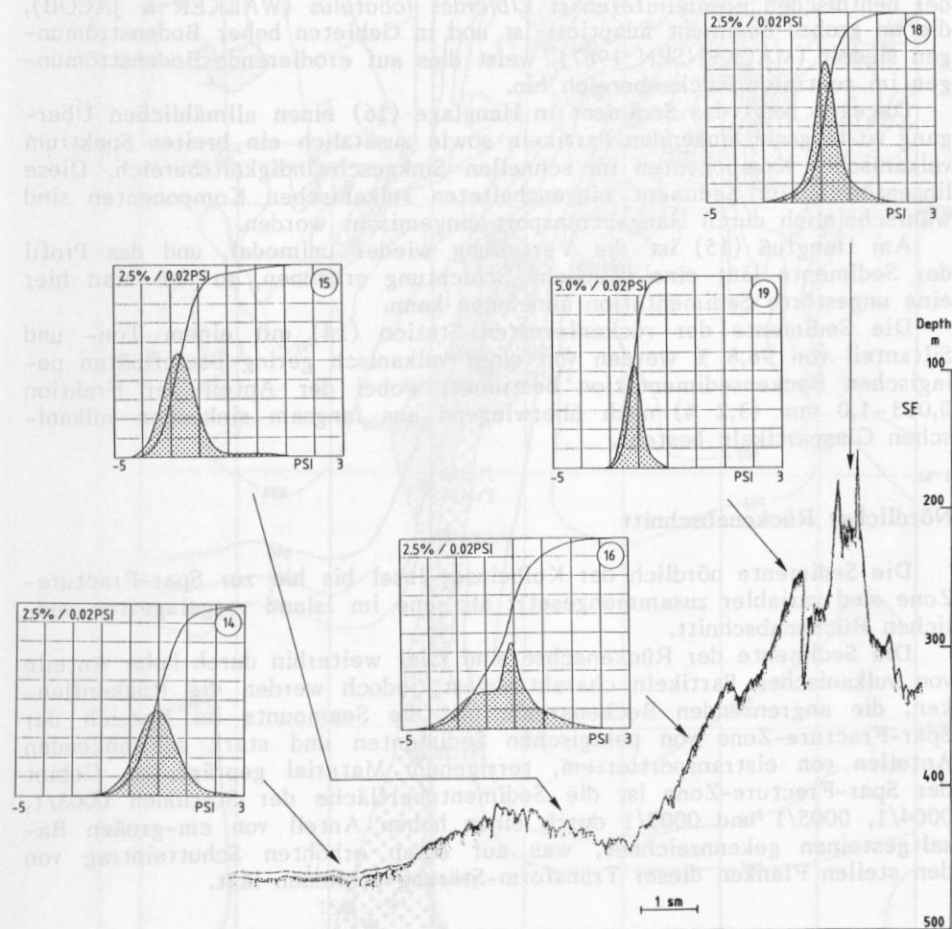


Abb. 2. 3,5 kHz-Profil mit Sinkgeschwindigkeitsverteilungen der Oberflächensedimente in verschiedenen Positionen quer zur südlichen Rückenachse.  
Fig. 2. 3.5 kHz-profile with the distribution of settling velocities in the surface sediments from different positions cross the southern ridge axis.



Abb. 2 zeigt die Verteilung nach der Sinkgeschwindigkeit (PSI) der Sedimente in verschiedenen Positionen quer zur südlichen Rückenachse. Die Verteilungen unterscheiden sich nach der Lage der Modalwerte, dem Grad der Sortierung sowie Ausbildung der schnellen (linke Seite) und langsamen (rechte Seite) Enden. Hierin kommt der durch die Lage zum Rücken gesteuerte Einfluß verschieden stark erodierender, sortierender bzw. akkumulierender Sedimentationsprozesse zum Ausdruck.

So sind die Sedimente des zentralen Rückenteils (18 und 19) durch das weitgehende Fehlen langsam sinkender Komponenten und die gute Sortierung gekennzeichnet. Zusammen mit dem Anteil (60 Kornzahl-%) der benthischen Foraminiferenart *Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOB), die an grobes Sediment adaptiert ist und in Gebieten hoher Bodenströmungen siedelt (MACKENSEN 1987), weist dies auf erodierende Bodenströmungen im zentralen Rückenbereich hin.

Dagegen zeigt das Sediment in Hanglage (16) einen allmählichen Übergang zu langsam sinkenden Partikeln sowie zusätzlich ein breites Spektrum vulkanischer Komponenten im schnellen Sinkgeschwindigkeitsbereich. Diese linsenförmig im Sediment eingeschalteten vulkanischen Komponenten sind wahrscheinlich durch Hangabtransport eingemischt worden.

Am Hangfuß (15) ist die Verteilung wieder unimodal, und das Profil der Sedimente läßt eine deutliche Schichtung erkennen, so daß man hier eine ungestörte Sedimentation annehmen kann.

Die Sedimente der rückenfernsten Station (14) mit einem Ton- und Siltanteil von 96,8 % werden von einer vulkanisch gering beeinflussten pelagischen Beckensedimentation bestimmt, wobei der Anteil der Fraktion 0,063–1,0 mm (3,2 %) noch überwiegend aus langsam sinkenden vulkanischen Glaspartikeln besteht.

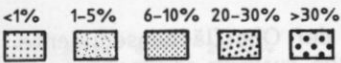
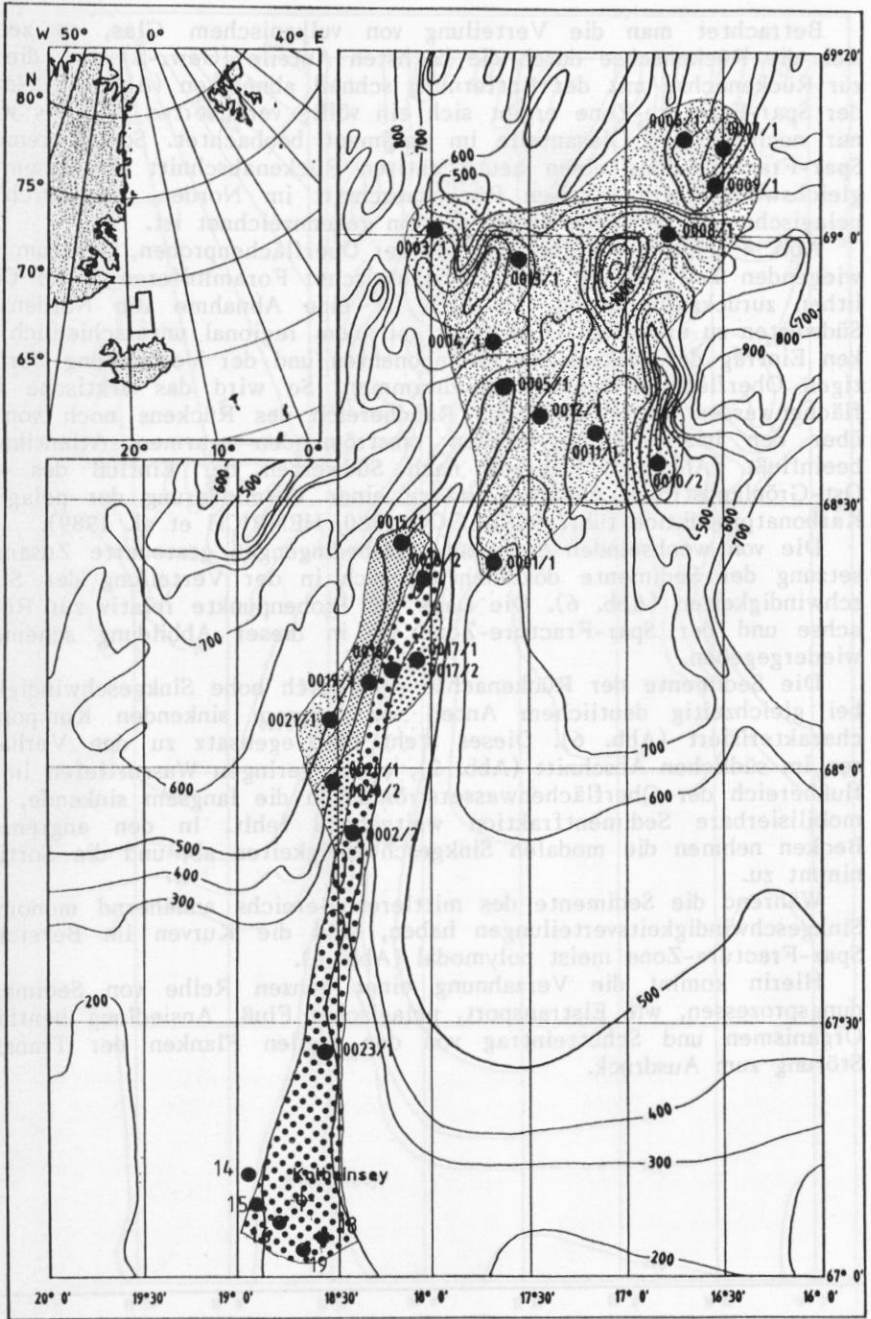
### Nördlicher Rückenabschnitt

Die Sedimente nördlich der Kolbeinsey-Insel bis hin zur Spar-Fracture-Zone sind variabler zusammengesetzt als jene im Island vorgelagerten südlichen Rückenabschnitt.

Die Sedimente der Rückenachse sind zwar weiterhin durch hohe Anteile von vulkanischen Partikeln charakterisiert, jedoch werden die Rückenflanken, die angrenzenden Beckenareale und die Seamounts im Bereich der Spar-Fracture-Zone von pelagischen Sedimenten und stark schwankenden Anteilen von eistransportiertem, terrigenem Material geprägt. Im Gebiet der Spar-Fracture-Zone ist die Sedimentoberfläche der Stationen 0003/1, 0004/1, 0005/1 und 0007/1 durch einen hohen Anteil von cm-großen Basaltgesteinen gekennzeichnet, was auf einen erhöhten Schutteintrag von den steilen Flanken dieser Transform-Störung schließen läßt.

Abb. 3. Anteile von vulkanischem Glas (Gew.-%) in den Oberflächenproben.

Fig. 3. Distribution of volcanic glass (wt.-%) in the surface sediments.



Betrachtet man die Verteilung von vulkanischem Glas, so zeichnet sich die Rückenachse durch die höchsten Anteile (Gew.-%) aus, die quer zur Rückenachse mit der Entfernung schnell abnehmen (Abb. 3). Nördlich der Spar-Fracture-Zone ergibt sich ein völlig verändertes Bild. Es werden nur noch geringe Glasanteile im Sediment beobachtet. Somit trennt die Spar-Fracture-Zone einen heute aktiven Rückenabschnitt von einem vergleichsweise gering aktiven Rückenabschnitt im Norden, der durch eine pelagische und terrigene Sedimentation gekennzeichnet ist.

Abb. 4 zeigt den Karbonatgehalt der Oberflächenproben, der zum überwiegenden Teil auf die Gehäuse planktischer Foraminiferen sowie Coccolithen zurückzuführen ist. Deutlich ist eine Abnahme von Norden nach Südwesten zu erkennen. Dies hängt mit dem regional unterschiedlich starken Eintrag der vulkanischen Komponenten und der Verbreitung der heutigen Oberflächenwassermassen zusammen. So wird das arktische Oberflächenwasser im nordöstlichen Randbereich des Rückens noch von dem über den Island-Faeroer-Rücken einströmenden warmen Atlantikwasser beeinflusst (Abb. 5), während nach Südwesten der Einfluß des kalten Ost-Grönlandstroms zunimmt und zu einer Verminderung der pelagischen Karbonatproduktion führt (KELLOGG 1980, HENRICH et al. 1989).

Die von wechselnden Sedimentationsbedingungen gesteuerte Zusammensetzung der Sedimente dokumentiert sich in der Verteilung der Sinkgeschwindigkeiten (Abb. 6). Die Lage der Probenpunkte relativ zur Rückenachse und der Spar-Fracture-Zone ist in dieser Abbildung schematisch wiedergegeben.

Die Sedimente der Rückenachse sind durch hohe Sinkgeschwindigkeiten bei gleichzeitig deutlichem Anteil von langsam sinkenden Komponenten charakterisiert (Abb. 6). Dieses steht im Gegensatz zu den Verhältnissen im südlichen Abschnitt (Abb. 2), wo in geringen Wassertiefen im Einflußbereich der Oberflächenwasserströmungen die langsam sinkende, leicht mobilisierbare Sedimentfraktion weitgehend fehlt. In den angrenzenden Becken nehmen die modalen Sinkgeschwindigkeiten ab, und die Sortierung nimmt zu.

Während die Sedimente des mittleren Bereichs annähernd monomodale Sinkgeschwindigkeitsverteilungen haben, sind die Kurven im Bereich der Spar-Fracture-Zone meist polymodal (Abb. 6).

Hierin kommt die Verzahnung einer ganzen Reihe von Sedimentbildungsprozessen, wie Eistransport, pelagischer Fluß, Ansiedlung benthischer Organismen und Schutteintrag von den steilen Flanken der Transform-Störung zum Ausdruck.

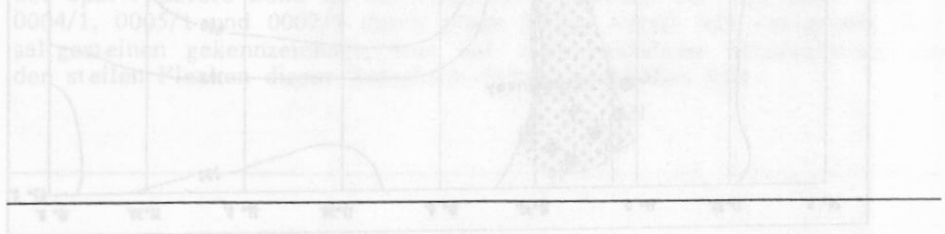
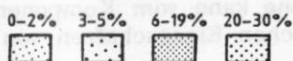
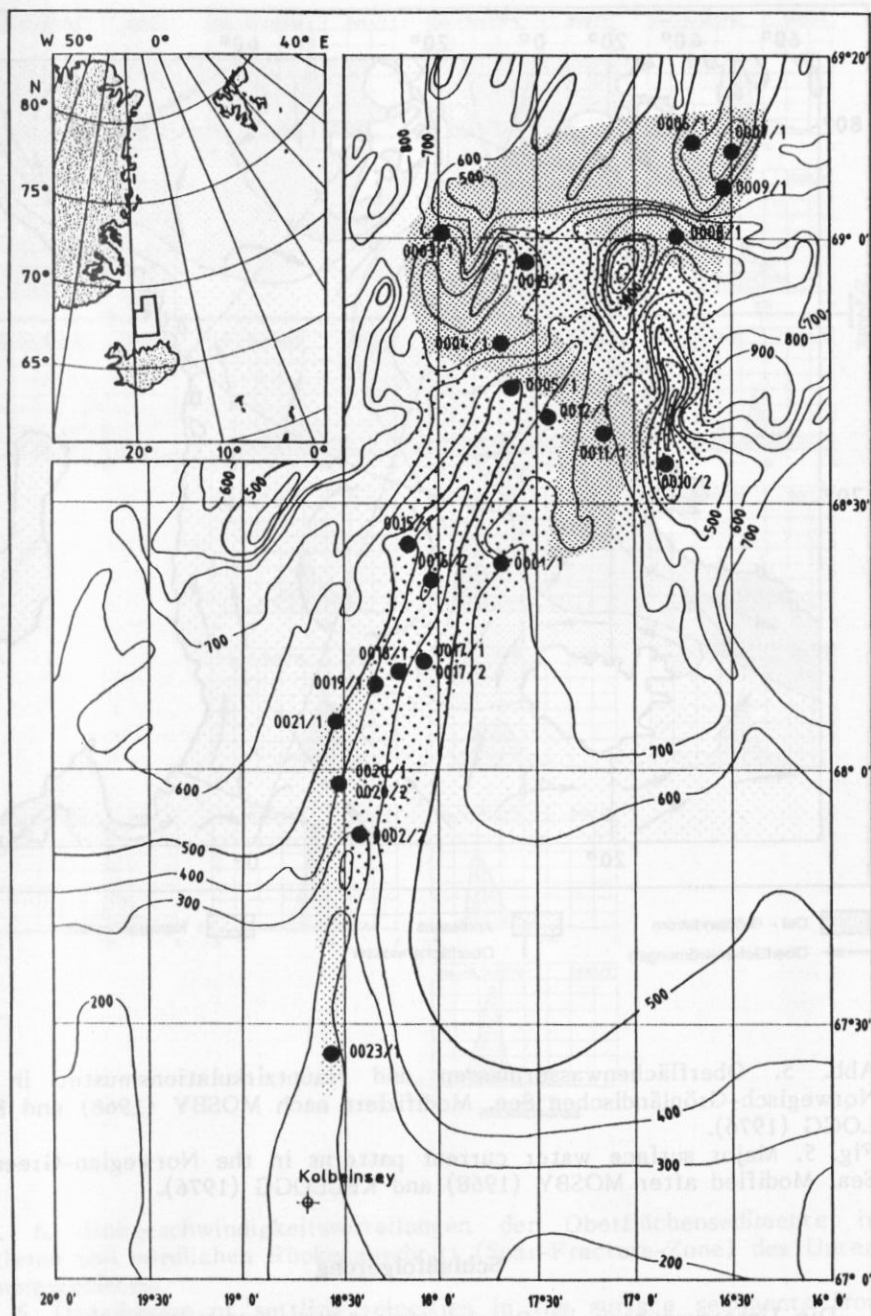


Abb. 4. Gesamtkarbonatgehalts-Verteilung der Oberflächensedimente.  
Fig. 4. Distribution of bulk carbonate in the surface sediments.





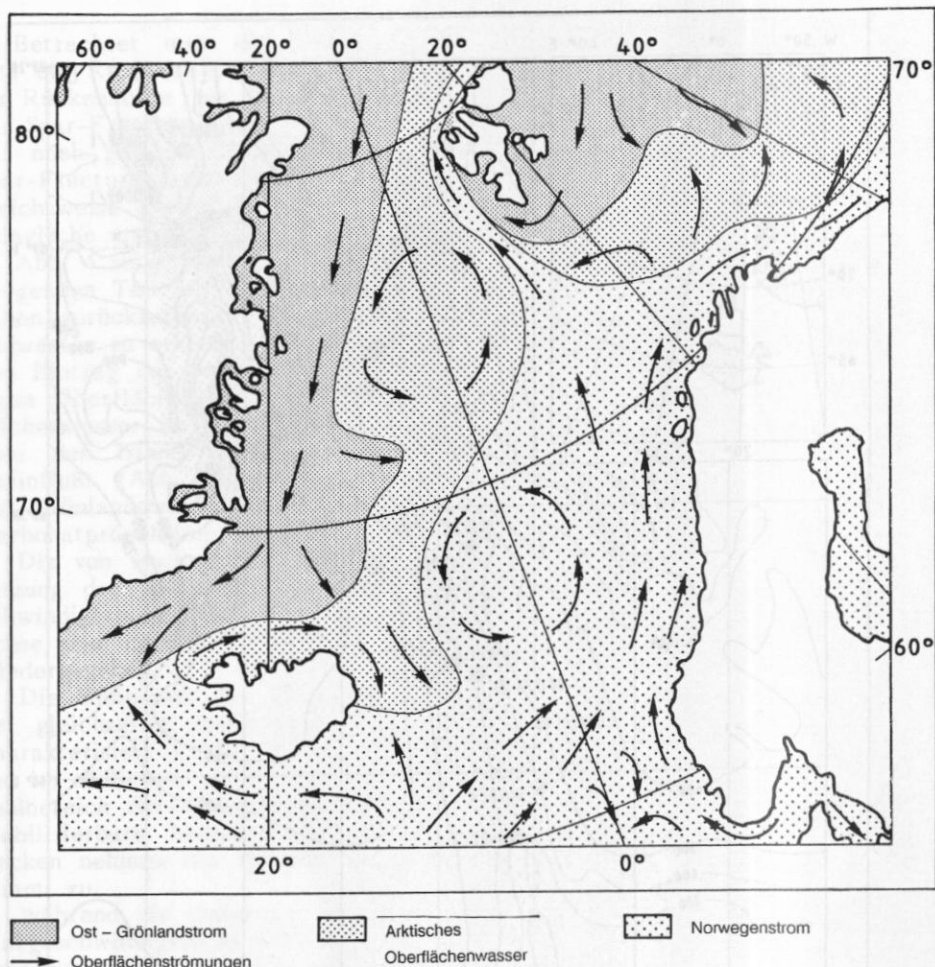


Abb. 5. Oberflächenwassermassen und Hauptzirkulationsmuster in der Norwegisch-Grönländischen See. Modifiziert nach MOSBY (1968) und KELLOGG (1976).

Fig. 5. Major surface water current patterns in the Norwegian-Greenland Sea. Modified after MOSBY (1968) and KELLOGG (1976).

### Schlußfolgerung

Die Untersuchungen im Bereich des südlichen Kolbeinsey-Rückens zeigen, daß der mittelozeanische Rücken die Zusammensetzung und Verbreitung der Sedimente steuert. Die achsennahe Zone kann vom Komponentenspektrum her wie auch über die hydrodynamischen Eigenschaften von den angrenzenden Becken getrennt werden.

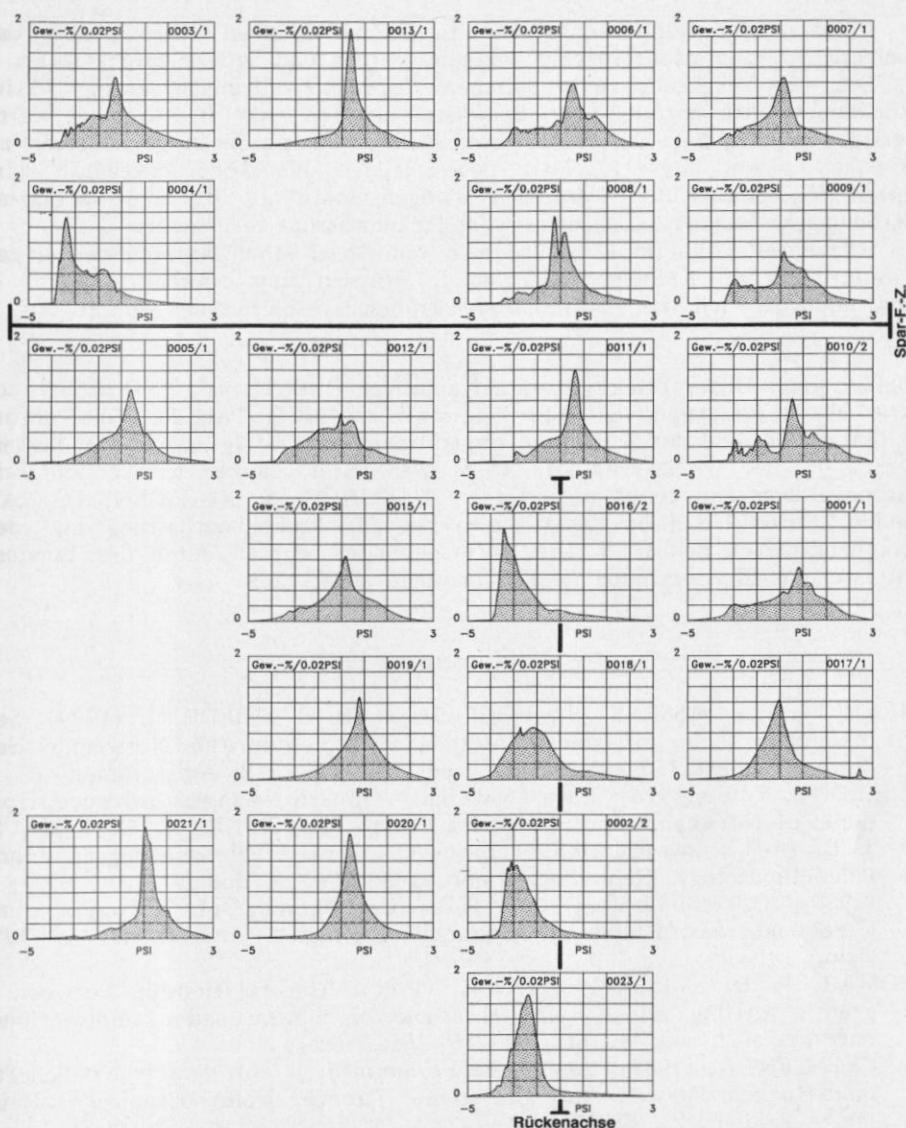


Abb. 6. Sinkgeschwindigkeitsverteilungen der Oberflächensedimente im mittleren und nördlichen Rückenabschnitt (Spar-Fracture-Zone) des Untersuchungsgebietes.

Fig. 6. Distribution of settling velocities in the surface sediments from the middle and northern part (Spar-Fracture-Zone) of the studied area.

Versätze der Rückenachse an Transform-Störungen führen dazu, daß weitere Sedimentationsprozesse wirksam werden und andere zurücktreten.

Der im Gegensatz zum südlichen Segment vulkanisch gering aktive Rückenabschnitt nördlich der Spar-Fracture-Zone ist überwiegend durch terrigene, pelagische und benthische Sedimentkomponenten gekennzeichnet. Die in diesem Gebiet relativ hohe kalkige Planktonproduktivität wird durch den Einfluß des warmen Norwegenstroms auf das hier wirksame Strömungssystem des arktischen Oberflächenwassers verursacht.

Rückenteile, die im Einflußbereich von Oberflächenwassermassen liegen - am südlichen Kolbeinsey-Rücken in Wassertiefen oberhalb 200 m -, sind noch deutlich von erosiven Bodenströmungsverhältnissen geprägt.

**Danksagung:** Unser Dank gilt den Kapitänen GREVE und ANDRESEN sowie den Besatzungen von F.S. Polarstern und F.S. Poseidon, die unsere Arbeiten während der genannten Expeditionen tatkräftig unterstützt haben. Dr. K.-H. BAUMANN und Dr. N. ADAMS (Kiel) danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskriptes. A. KOHLY, S. KÖRSGEN, D. RAU und J. SCHMEISS (alle Kiel) waren bei der Probenbearbeitung und den Zeichenarbeiten behilflich. Die Untersuchungen wurden durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie unterstützt.

### Literatur

- HENRICH, R., KASSENS, H., VOGELANG, E. & THIEDE, J. (1989): Sedimentary facies of glacial/interglacial cycles in the Norwegian Sea during the last 350 ky'. - *Mar. Geol.*, **86**: 283-319; Amsterdam.
- KELLOGG, T. B. (1976): Late Quaternary climatic changes: evidence from cores of Norwegian and Greenland Seas. - In: CLINE, R. M. & HAYS, J. D. (Eds.): Investigation of Later Quaternary Paleooceanography and Paleoclimatology. *Geol. Soc. Amer.*, **145**: 77-110; Boulder.
- (1980): Paleoclimatology and Paleo-oceanography of Norwegian and Greenland Seas: Glacial - Interglacial contrast. - *Boreas*, **9**: 115-137; Oslo.
- KOMAR, P. D. & CLEMENS, K. E. (1986): The relationship between a grain's settling velocity and threshold of motion under unidirectional currents. - *J. sed. Petrol.*, **56**: 258-266; Tulsa.
- MACKENSEN, A. (1987): Benthische Foraminiferen auf dem Island-Schottland-Rücken: Umwelt-Anzeiger an der Grenze zweier ozeanischer Räume. - *Paläont. Z.*, **61** (3/4): 149-179, 11 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- MOSBY, H. (1968): Surrounding Seas. - In: SOMME, A.: *Geography of Nordeu. Map*, **7**: 18-26; Oslo (J. W. Cappelens).
- OEHMIG, R. & WALLRABE-ADAMS, H.-J. (in Vorb.): Hydrodynamic properties of volcanic particles and sedimentological conditions at the southern Kolbeinsey Ridge crest and slope.
- SARNTHEIN, M. (1971): Oberflächensedimente im Persischen Golf und dem Golf von Oman. II. Quantitative Komponentenanalyse der Grobfraction. - *"Meteor" Forsch.-Erg.*, Reihe C, **5**: 1-113; Berlin.

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Geol. KLAS SVEN LACKSCHEWITZ, Dr. REINHARD OEHMIG und Dr. HANS-JOACHIM WALLRABE-ADAMS, GEOMAR - Forschungszentrum für marine Geowissenschaften, Wischhofstraße 1-3, D-2300 Kiel 14.